

## Kurze Einordnung:

Am Kepler Gymnasium Ulm bauen unsere Schülerinnen und Schüler im Rahmen des Unterrichts im Fach NwT (Naturwissenschaft und Technik) der Klassenstufe 10 und ab nächstem Schuljahr auch in der Kursstufe selbständig einen selbstfahrenden Roboter, der in der Lage ist auf seine Umgebung zu reagieren, d.h. anderen Verkehrsteilnehmern auszuweichen und sich gleichzeitig per Licht- und/oder Tonsignalen bemerkbar zu machen. Ein zukünftiges Ziel ist es die Drehzahl der Motoren so zu regeln, dass eine wirkliche „geradeaus-Fahrt“ möglich ist sowie eine Kommunikation der Fahrzeuge über ein selbst gelötetes IR-Modul entweder mit einer Fernsteuerung und mit anderen Fahrzeugen zu ermöglichen. Als Chassis stehen den Schülerinnen und Schülern grundsätzlich drei Varianten zur Verfügung (2-, 3- oder 4-Rad-Chassis), sie können sich grundsätzlich aber auch ein eigenes Chassis entwerfen. Zudem designen unsere Schülerinnen und Schüler eine funktionale und optisch ihrem Projekt entsprechende Karosserie. Eine CAD-Skizze ist dabei verpflichtend, die Umsetzung des Prototyps kann aber entweder mit 3D-Druck oder auch mit Holz, Blech oder Pappe etc. umgesetzt werden. Hierbei sind der Kreativität unserer Schülerinnen und Schüler keine Grenzen gesetzt.

Insgesamt betreuen wir (zwei Lehrkräfte und eine wissenschaftliche Hilfskraft) dabei etwa 30 Schülerinnen und Schüler, die ihr Projekt jeweils in Zweiergruppen umsetzen und für die Planung inklusive der Umsetzung des Projekts etwa 40 Schulstunden (entspricht etwa 3 Monaten) Zeit haben. Als Vorkenntnisse haben sich unsere Schülerinnen und Schüler grundlegende Kenntnisse der Arduino-Programmierung in leistungshomogenen Zweiertteams erarbeitet. Diese vorangestellte Qualifizierungsphase umfasst etwa 20-30 Schulstunden (ca. sechs bis acht Schulwochen) und beinhaltet neben dem Arduino-Kurs auch eine Einführung in die Elektrotechnik, einen Einführungskurs in CAD und eine Einführung in die dynamische Projektorganisation mit Scrum (Vortrag über 90min von einem Scrummaster inklusive Übungen).

Den Abschluss des Projekts bildet zum einen die Abgabe einer Dokumentation des Projektverlaufs inkl. Dokumentation der einzelnen Entwicklungs- und Umsetzungsschritte mit Skizzen, Schaltplänen, Programmcodes, Fotos und Videos sowie eine etwa fünf bis zehnminütige Präsentation und ein etwa ein- bis zweiminütiger Produktpräsentationsfilm. Die Präsentation sowie der Film werden im Rahmen einer feierlichen Abschlusspräsentation vor der NwT-Gruppe, unseren Kooperationspartnern aus der Wirtschaft, von der Universität Ulm und der Technischen Hochschule Ulm sowie interessierten Eltern und unserer Schulleitung vorgestellt.

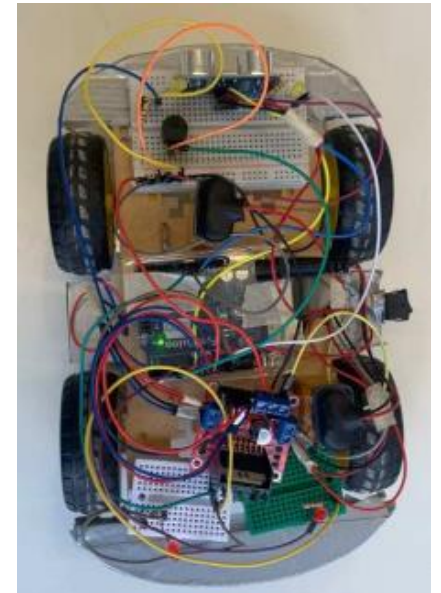
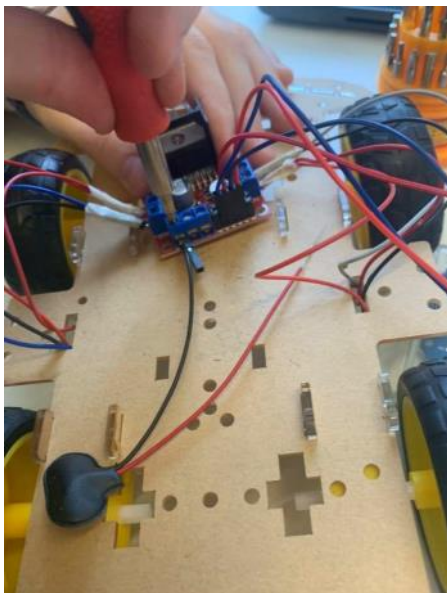
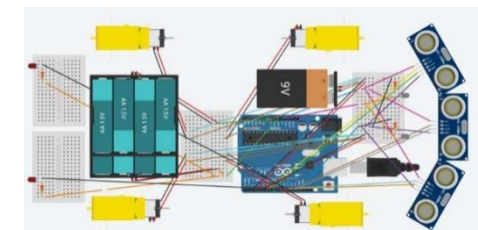
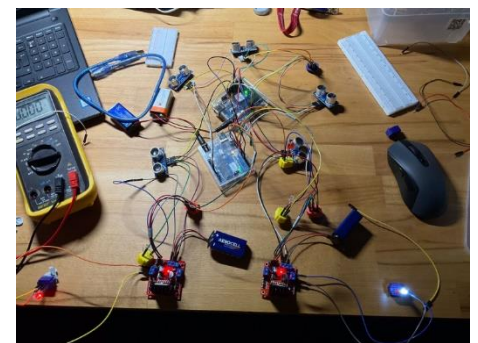
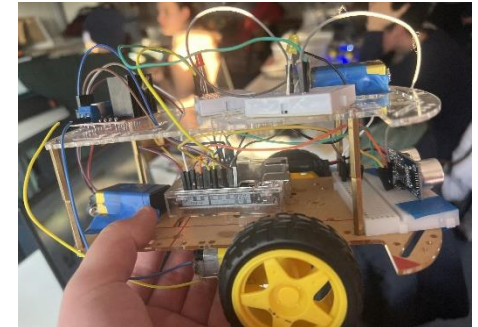
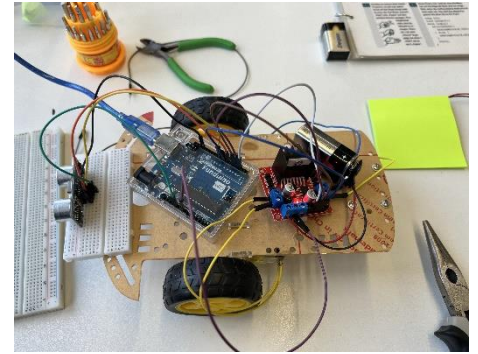


## Detailliertere Informationen zur Umsetzung des Projekts:

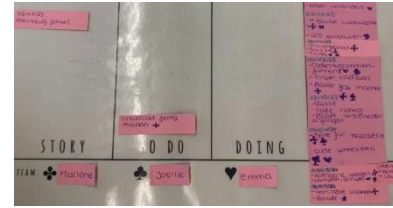
### Qualifizierungsphase:

Die Schülerinnen und Schüler starten in dieses Projekt ohne weitere Vorkenntnisse in den Bereichen Elektronik und ohne Programmierkenntnisse oder sonstige Vorkenntnisse im Umgang mit Mikrocontrollern. Die Schülerinnen und Schüler teilen sich zunächst selbstständig in leistungshomogene Zweier- oder Dreierteams ein und durchlaufen in ihrem Team selbstständig, aber selbstverständlich mit Unterstützung der Lehrkraft, einen Kurs, der sie in die Welt der Mikrocontroller und der Programmierung von Mikrocontrollern einführt. Diese erste Qualifizierungsphase dauert etwa sechs bis acht Wochen und beinhaltet neben dem Programmierkurs auch weitere Inhalte in den Bereichen Halbleiterbauelemente und Elektronik. Als Programmierkurs verwenden wir dabei den Lernbaustein „Einführung in den Mikrocontroller Arduino- der Arduino als Steuerzentrale“ (<http://arduino1.nwt.schule/>) und je nach Gruppe auch „Messen und Steuern mit dem Mikrocontroller“ (Arduino 2). Allerdings ist zu beachten, dass diese Materialien nicht mehr hundertprozentig auf die neueste Arduino-IDE passen. Sie können aber noch immer verwendet werden. Zudem gibt es eine Lehrkräfte-Version, die die Lösungen aller Aufgaben beinhaltet. Auch die Lernbausteine zu „Elektrik 1“, „Elektrik 2“, „Elektrik 3“ sowie „Schaltungen 1“, „Schaltungen 2“ und „Schaltungen 3“ haben sich für uns in der Qualifizierungsphase sehr bewährt.

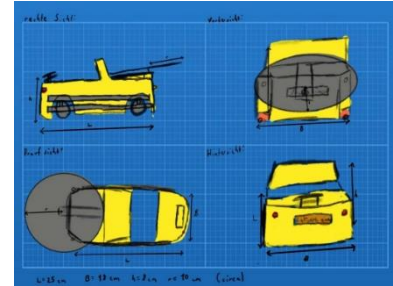
Weitere aus unserer Sicht interessante und gute Materialien zur Programmierung des Mikrocontrollers inklusive Schaltpläne und Beispielcodes finden sich in den Tutorials der Plattform [www.funduino.de](http://www.funduino.de). Im zugehörigen Onlineshop [www.funduino.com](http://www.funduino.com) (sehr guter Service und sehr gute Beratung) können die Anleitungen auch als Heft sowie auch entsprechende Bauteile etc. gekauft werden.



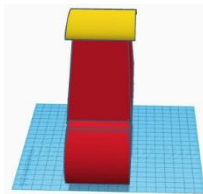
Auch die Qualifizierung bzgl. der Projektorganisation mit Scrum lässt sich gut mithilfe des Lernbausteins „Projektorganisation“ vermitteln.



Für die Einführung in CAD eignet sich ebenfalls der entsprechende Lernbaustein. Dieser existiert sowohl für Fusion360 als auch für Onshape.



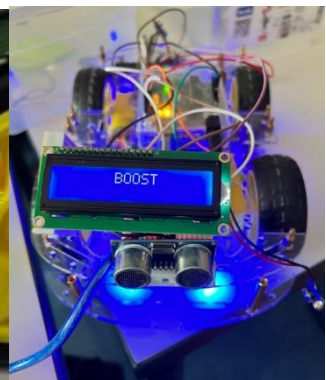
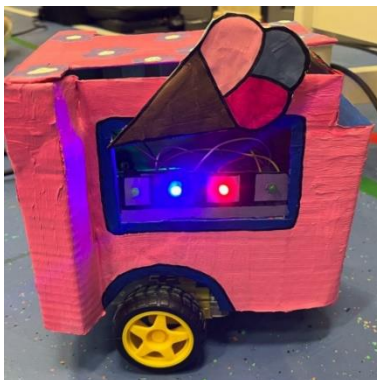
Der Vorteil der Lernbausteine ist, dass dort zusätzliche Präsentationen, weiterführende Links sowie Materiallisten zur Verfügung gestellt werden.

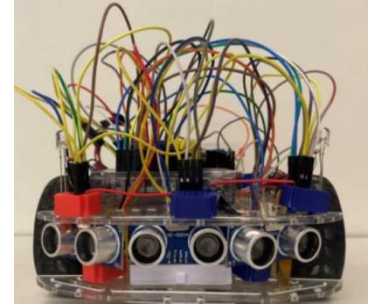
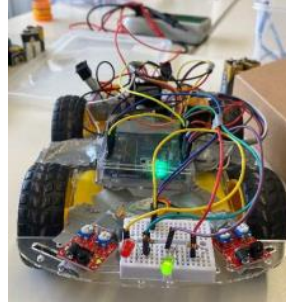
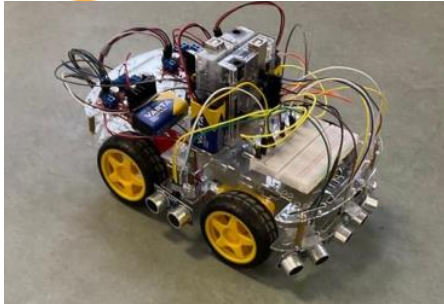


Eine gute, spielerische Einführung in CAD (Tutorials auf Englisch!) sowie eine erste Simulationssoftware für Schaltungen mit dem Arduino ermöglicht die Seite [www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com). Hier können Lehrkräfte beispielsweise kostenlos Accounts für ihre Klasse anlegen oder Schülerinnen und Schüler können sich dort selbst kostenfrei registrieren.

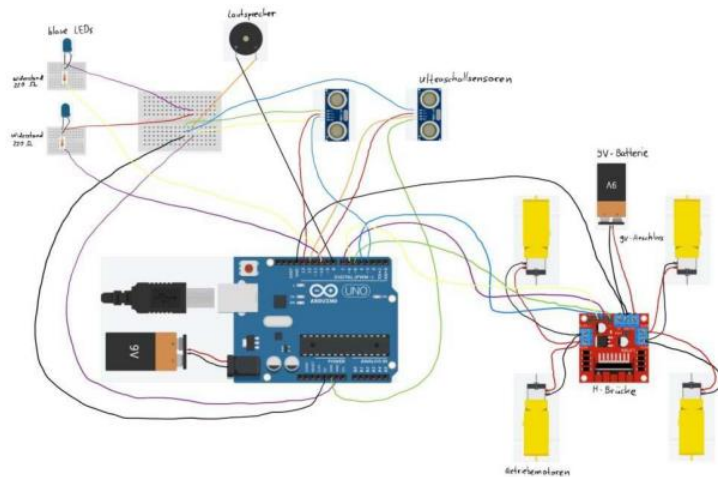
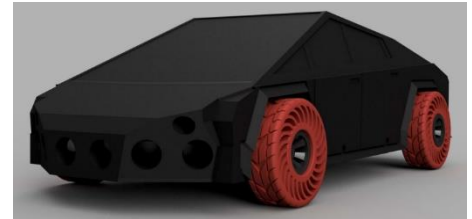
## Projektphase:

Nach dieser ersten Qualifizierungsphase beginnt für die Schülerinnen und Schüler die eigentliche viermonatige Projektphase, in der sie ihren Fahrroboter selbst konzipieren und bauen. Den Schülerinnen und Schülern stehen zunächst drei verschiedene Chassis zur Auswahl, ein zweirädriges Chassis mit zwei Verfolgerrädern, ein zweirädriges Chassis mit einem Verfolgerrad oder ein vierrädriges Fahrzeug. Sowohl bei der Wahl des Chassis, als auch der Wahl der weiteren Komponenten wie beispielsweise der Sensoren (Ultraschall- oder IR-Sensoren), sind die Teams frei und können auch eigene Ideen verwirklichen. So können die Teams beispielsweise auch eigene Chassis entwerfen oder auch anderer Sensoren oder sonstige Hardwarekomponenten verwenden. Unsere Schülerinnen und Schüler nutzen diese Freiheit auch gern und finden so auch immer wieder neue Lösungen und arbeiten mit neuen Materialien.

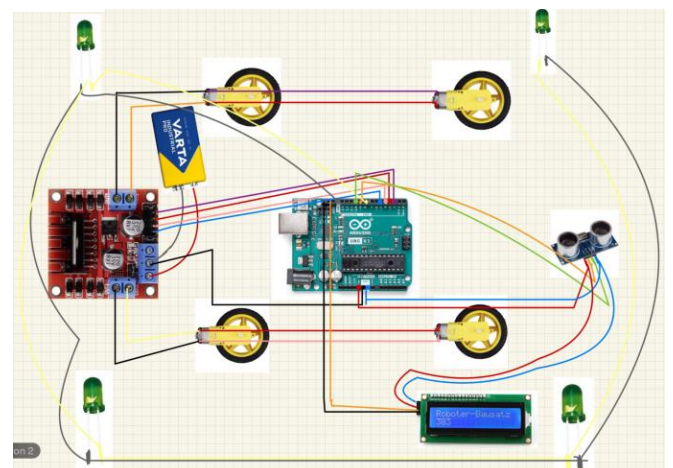
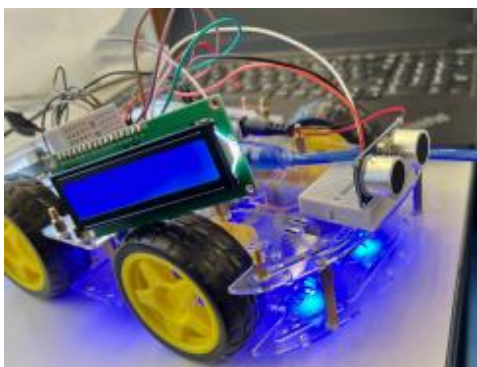
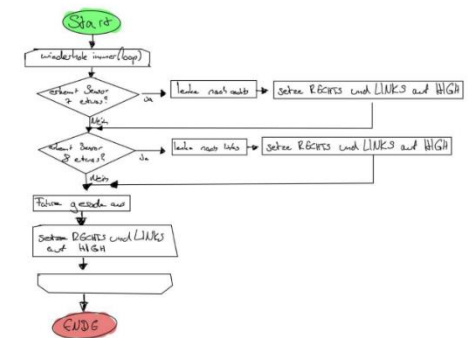




Die Minimalanforderungen bestehen darin, dass das Fahrzeug selbständig fahren und anderen Verkehrsteilnehmern ausweichen kann sowie Aktoren (LED, Lautsprecher, ...) besitzt, die mit den verwendeten Sensoren interagieren. Eine weitere Anforderung ist, dass das Fahrzeug eine Karosserie besitzt, der eine CAD-Skizze zugrunde liegt. Teams, die schnell vorankommen, haben die Möglichkeit ihre Karosserie mit einem 3D-Drucker zu realisieren (hierbei ist eine Kooperation mit einer Hochschule oder die Nutzung eines makerspace beispielsweise in Bibliotheken hilfreich), die anderen verwirklichen ihren Prototyp mit anderen Materialien (Pappe, Holz, Blech, ...). Auch bei der Karosserie sind der Kreativität der Schülerinnen und Schüler keine bzw. kaum Grenzen gesetzt. Die meisten Grenzen ergeben sich für die Teams aus den technischen Gegebenheiten wie Statik, Masse, Drehmoment etc. in die sie sich dann „gezwungenermaßen“ freiwillig selbst einarbeiten.

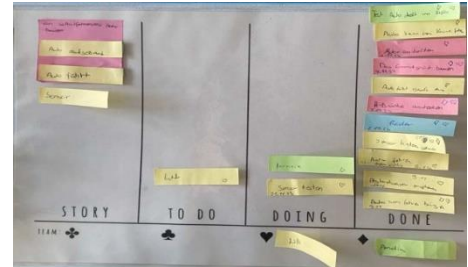


Programmablaufplan



Diese sehr freie Arbeitsweise bewirkt bei unseren Schülerinnen und Schülern eine sehr hohe Identifikation mit ihrem Fahrzeug und führt zu überdurchschnittlich großem Engagement für ihr Projekt sowie überdurchschnittlich guten Projektergebnissen.

In der Projektphase organisieren unsere Schülerinnen und Schülern ihren Projektfortschritt, wie bereits erwähnt, mithilfe von Scrum und dokumentieren die Projektphase ausführlich. Neben der klassischen Ausarbeitung, den Programmcodes und den CAD-Skizzen sind auch die Schaltpläne sowie Foto- und Videodokumentationen der einzelnen Projektphasen Teil der Dokumentation. Zudem dokumentieren unsere Schülerinnen und Schüler ihr Projekt in einem kurzen Video.



Abschließend stellen die Schülerinnen und Schüler ihr Projekt im Rahmen einer großen Abschlusspräsentation vor den Eltern und einer Vielzahl unserer externen Kooperationspartnern vor. Einige der Professoren und wissenschaftlichen Mitarbeitenden der Technischen Hochschule Ulm (THU) und der Universität Ulm besuchen unsere Abschlusspräsentation bereits seit einigen Jahren und sind jedes Jahr erneut überrascht und begeistert von den neuen innovativen Ideen unserer Schülerinnen und Schüler.

Abgerundet wird dieses Projekt durch viele Exkursionen, die wir im Rahmen unserer engen Kooperation mit der THU und der Universität Ulm anbieten können. So besuchen wir beispielsweise jedes Jahr den Pitch-Wettbewerb der Fakultät für Medizintechnik und Mechatronik der THU, bei dem die Studierenden ihre Bachelorarbeiten präsentieren. An diesem Format orientiert sich auch die Abschlusspräsentation unserer Schülerinnen und Schüler.



Zudem besuchen wir im Rahmen verschiedener Exkursionen mit unseren Schülerinnen und Schülern die verschiedenen Labore der THU in den Bereichen Datenkommunikationstechnik, Energietechnik, Regelungstechnik, Antriebstechnik, Medizintechnik, Mechatronik (Bionik, Lötlabor, gläserne Lunge, Mienensuche mit Radar, Laserlabor, Erstellung eines digitalen Schlosses, Solartechnik (Photovoltaik inkl. Bau einer Solarlampe und Dimensionierung von Solarmodulen für das Projektfahrzeug, ...), besuchen Vorlesungen, die den Einsatz von Mikrocontrollern in der Datenkommunikationstechnik, ihren Einsatz in der Medizintechnik oder in der Regelungstechnik verdeutlichen. Auch besuchen wir die Fahrzeug-Prüfstände der THU und das Team der Formular Student (E-Rennwagen). Des Weiteren erstellen unsere Schülerinnen und Schüler im Lötlabor der Technischen Hochschule Ulm ihr eigenes IR-Modul, testen dieses und können es anschließend dazu nutzen mit ihrem Fahrzeug über eine Fernbedienung zu kommunizieren bzw. ihr Fahrzeug mit anderen Fahrzeugen kommunizieren lassen.

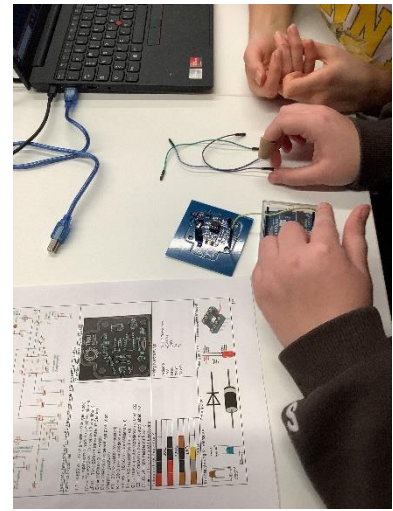


Die IR-Module haben wir bereits erstellt und auf ihre Funktionsweise getestet, der Einbau in die Fahrzeuge wird allerdings erst noch erfolgen. In einem weiteren Praktikum bauen unsere Schülerinnen und Schüler an der THU eine Solarlampe und erfahren anhand der zugehörigen Vorlesung wie sie ein Solarmodul für ihr Fahrzeug dimensionieren können. Weitere Kooperationsprojekte wie beispielsweise ein CAD-Kurs, Experimente zur Festigkeitslehre und Antriebstechnik sind momentan in Planung.

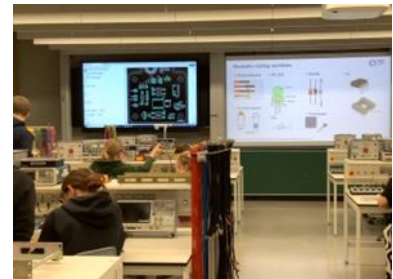
An der Universität Ulm kooperieren wir unter anderem mit dem Institut Human Factors. Dabei steht die Mensch-Maschine-Kommunikation im Vordergrund und so erleben wir neben einem Serviceroboter und den Studien dazu auch die Fahrt in einem Fahrsimulator und die unterschiedlichen Aspekte von Fahrassistenzsystemen. Hinzu kommt unser Besuch bei den Studierenden des „Team Spatzenhirn“ der Universität Ulm, die ebenfalls ein autonom fahrendes Fahrzeug bauen und damit seit Jahren sehr erfolgreich an Wettbewerben teilnehmen. Auch dort sehen unsere Schülerinnen und Schülern, dass sie mit ihrem Projekt bereits auf einem Weg sind, der beispielsweise an der THU oder auch an der Universität Ulm weitergehen kann.



Einer der großen Vorteile dieses Projekts ist, dass alle Schülerinnen und Schüler auf ihrem ganz eigenen Niveau und in ihrem eigenen Tempo arbeiten können und es bisher, d.h. in den letzten fünf Jahren, alle unsere Teams geschafft haben, ein gutes, funktionierendes Fahrzeug zu bauen. Zudem haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit sich auf ihrem eigenen Niveau weiter zu entwickeln, was nicht nur Schülerinnen und Schülern ohne Vorkenntnisse hilft, sondern vor allem auch Schülerinnen und Schüler mit großem Vorwissen und Interesse fördert und an ihre Grenzen bringt. Daher bauen viele unserer Schülerinnen und Schüler im Laufe dieser Projektphase eine „emotionale Bindung“ zu „ihrem“ Fahrzeug auf und investieren freiwillig sehr viel zusätzliche Zeit in dieses Projekt, um schließlich ein möglichst „perfekt“ fahrendes Fahrzeug zu haben.



Da wir das Fach NwT ab dem Schuljahr 2025/26 auch in der Kursstufe unterrichten werden, wird dieses Projekt ab diesem Zeitpunkt das Abschlussprojekt unserer Kursstufenschülerinnen und – schüler im Basisfach NwT sein. Im Zuge dessen werden wir bzw. die Schülerinnen und Schüler das Projekt noch weiter in den Bereichen Antriebstechnik (Auswahl geeigneter Motoren), Energietechnik (Dimensionierung geeigneter Akkumulatoren bzw. Solarzellen), Regelungstechnik (Regelung der Motoren) sowie im Bereich Datenkommunikation (Kommunikation zwischen den Fahrzeugen) ausbauen. Auch an dieser Planung sind die entsprechenden Fachbereiche der THU und der Universität (insgesamt etwa zwanzig Professoren) sehr engagiert beteiligt, um uns bei der Umsetzung dieses Projekts fachlich zu unterstützen.



Unsere LABS-for-CHIPS-Projektförderung für dieses Projekt hat unseren Schülerinnen und Schülern direkt bei der Umsetzung ihrer eigenen Ideen in diesem Projekt geholfen und uns einen finanziellen Spielraum für speziellere Anschaffungswünsche beispielsweise für die IR-Module, für weitere Chassis, Sensoren (Ultraschall, Abstandssensoren, Bewegungssensoren, Neigungssensoren, ...), Fernbedienungen, Mini-MP3-Player mit zugehörigen SD-Karten, Motoren, Displays, Powerbanks zur Stromversorgung, 9V-Akkumulatoren inklusive Ladegeräten und weitere speziellere Hardwarekomponenten sowie für PLA für den 3D-Druck geboten.

### **Ansprechpartnerinnen für dieses Projekt:**

Anita Lamprecht und Kerstin Mechelke  
(NwT-Lehrerinnen am Kepler Gymnasium Ulm)  
[lp@kgu.schule-ulm.de](mailto:lp@kgu.schule-ulm.de) [mc@kgu.schule-ulm.de](mailto:mc@kgu.schule-ulm.de)

## Anhang 1: Beispiel einer Projektdokumentation

Aaron

Klasse 10a

Kepler Gymnasium

### 3 Einführung:

Das Ziel des Projektes war es ein vollfunktionsfähigen, selbstfahrenden Fahrroboter zu entwerfen und zu bauen. Wir hatten verschiedene elektronische Bauteile zur Verfügung, mit denen wir dies umsetzen konnten. Zum einen war das Chassi und der Grundaufbau vorgegeben. Mittels einfacher Montage konnte man Bauteile wie vier Motoren und auch die Grundplatte zusammenschrauben. Anschließend wurden vier Räder an die passende Aufnahme an die Motoren befestigt. Mit welchen Besonderheiten wir unser Fahrzeug verbesserten, blieb uns überlassen.

Im Grunde genommen besteht unser Fahrroboter aus zwei verschiedenen Funktionen. Zum einen ermöglichen vier Brushed Motoren das Fortbewegen des Fahrzeuges, wohingegen wir drei Infrarotsensoren verbaut haben, um mögliche Hindernisse zu erkennen. Das Ganze befindet sich auf dem Chassi, welches vorgegeben war. Als besondere Funktionen war die Aufgabe, LEDs, Lautsprecher oder andere Funktionen hinzuzufügen. Schlussendlich hatten wir uns dafür entschieden, Frontscheinwerfer in weiß, Rücklichter in rot und Blinker jeweils vorne und hinten in orange an unsere Karosserie hinzuzufügen. Des Weiteren war jeder Gruppe überlassen, wie sie die Karosserie gestalten. Wir hatten uns dafür entschieden, die Karosserie aus Aluminium zu nieten und mit einer Camouflagefolie zu bekleben. Bei den Sensoren wählten wir Infrarotsensoren, welche man ziemlich genau einstellen konnten. Außerdem befand sich in unserem Fahrzeug eine H-Brücke, welche die vier Motoren mit Strom versorgte. Um die einzelnen elektronischen Bauteile richtig ansteuern zu können, verwendeten wir ein Arduino. Mithilfe von verschiedenen Steckplatinen konnten wir die vielen einzelnen Bauteile an einem Arduino anschließen. Außerdem verbauten wir einen einfachen Schalter, um den Stromkreis zu unterbrechen, wodurch wir die Batterie nicht jedes Mal neu abziehen und wieder neu dran machen mussten. Insgesamt haben wir zwei 9Volt Batterien verwendet. Eine davon versorgte den Arduino mit Strom, die andere ermöglichte genügend Stromzufluss der H-Brücke.

#### 3.1 Bauteile für den Fahrroboter

Folgende Bauteile hatten wir zur Verfügung:



Abbildung 1:  
Infrarotabstandssensor



Abbildung 2: LED's



Abbildung 3: Jumpwires

Aaron |

Klasse 10a

Kepler Gymnasium



Abbildung 4: Arduino UNO



Abbildung 5: Antriebsmotoren für die Räder



Abbildung 6: Steckplatine



## 4 Vorgehen:

Zu Beginn machten wir uns erst einmal Gedanken darüber, welches Fahrzeug wir nachstellen wollten. Ziemlich schnell war uns dann klar, dass wir in Richtung Geländefahrzeug oder auch sogar Militär gehen wollten. Also recherchierten wir im Internet nach möglichst einfach nachzustellende Fahrzeuge, welche jedoch keinerlei Kriegswaffen oder Ähnliches besaßen. Zu Beginn hatten wir einen Bausatz, welcher das Chassi im aufgebauten Zustand war. Ziemlich schnell konnten wir mit einfacher Schaltung die vier Motoren gleichzeitig an einer H-Brücke anschließen. Da wir im vergangenen Jahr viel Praxis mit Arduino und Programmieren hatten, konnten wir auch die Motoren ziemlich schnell ansteuern. Als das Chassi schlussendlich fertig war, begannen wir mit weiterer Planung, wie unser Fahrzeug aussehen und welche besonderen Funktionen es beinhalten sollte. Da das Grundziel ein selbstfahrender Fahrroboter war, mussten wir auch verschiedene Sensoren verbauen. Zum einen gab es den Ultraschallsensor, welcher sehr einfach zu bedienen war, beziehungsweise einfach anzusteuern war. Des Weiteren gab es noch Infrarotsensoren, die in Präzession punkteten. Nach mehreren, direkten Vergleichen, einigten wir uns auf Infrarotsensoren, da wir zum einen die Präzession aber auch die Genauigkeit bevorzugten. Des Weiteren konnte der Infrarotsensor in der kompakten Bauweise uns überzeugen. Zuerst begannen wir nur einen Sensor richtig anzusteuern und die Werte richtig auszulesen. Nach mehreren Versuchen hat dies auch geklappt. Jetzt folgten erste Tests mit nur einem Sensor. Nachdem dies relativ gut funktioniert hatte, machten wir uns an zwei weitere Sensoren heran. Da wir jetzt wussten, wie man den Infrarotsensor richtig ansteuert beziehungsweise einstellt, war dies keine große Herausforderung. Das Problem lag an der richtigen Auslesung aller drei Sensorwerte gleichzeitig. Unser Ziel war es dabei, dass das Auto je nachdem welcher Sensor reagiert, eine Rechts, beziehungsweise eine Linkskurve macht. Dementsprechend mussten wir das auch so programmieren. Dabei war die Herausforderung alle drei Sensorwerte gleichzeitig abrufen zu können und schlussendlich nur einen Sensorwert zu verarbeiten, welcher dann für die Richtung der Drehung zuständig war. Dies erforderte uns einige Tests ab. Eine weitere Schwierigkeit war es die Sensoren in der richtigen Einstellung zu belassen, da diese ziemlich schnell sich änderten. Es erforderte dadurch eine sehr filigrane Arbeit. Nachdem wir zahlreiche Tests gemacht hatten, konnten wir das Problem mit drei Sensoren auch beheben. Anschließend verkabelten wir noch verschiedene LEDs, welche aber im Vergleich zu den Sensoren einfach anzusteuern waren. Schnell hatten wir zwei Frontscheinwerfer, zwei Rückleuchten und jeweils vorne und hinten Blinker. Nachdem wir mit der Elektronik und der Verkabelung fertig waren, mussten wir uns noch ein Design für unsere Karosserie überlegen. Da es unser Ziel war, ein gepanzertes Fahrzeug nachzustellen, entschieden wir uns die Karosserie aus Aluminium zu nieten. Des Weiteren besorgten wir uns eine Folie in Camouflage Muster, welche wir langsam aber präzise auf das Aluminium drauf

Aaron

Klasse 10a

Kepler Gymnasium

klebten. Im Großen und Ganzen war unser Auto jetzt schon fertig. Allerdings kamen immer wieder kleinere Probleme auf, wie zum Beispiel, dass die Batterie leer war und das einzelne LEDs kaputtgegangen sind. Da dies aber meist kein größeres Problem darstellte. Konnten wir uns auf die Details konzentrieren. Zum Beispiel hatten wir die Felgen, die zuvor gelb waren, mit grüner Farbe angespült, um dem Fahrzeug ein einheitliches Aussehen zu übertragen.

## 4.1 Scrumboard

grün: Simon

blau: Aaron

schwarz: beide

Goal	ToDo	Doing	Done
Auto bauen	H-Brechen Karosserie Motoren einstellen	Chassis Motoren anschließen	

(18.4.24)

Zu Beginn haben wir uns gemeinsam beraten, wer welche Teil der Aufgaben genau übernehmen möchte. Dabei achteten wir genau, wer welchen Teilschritt besser konnte. Schlussendlich übernahm Simon, grob gesagt den Softwareteil und die Karosserie, da er mehr Erfahrungen im Bereich Handwerk und programmieren hatte. Ich hingegen übernahm die Sensoren und die Verkabelung, da ich privat mich gerne mit dem Modellbau oder Ähnliches beschäftige.

Aaron

Klasse 10a

Kepler Gymnasium

## 4.2 Daily Scrum

Goal	To Do	Doing	Done
Auto bauen	Karosserie Motoren einstellen	Motoren anschließen H-Brücken Sensor anschließen	Chassis



Abbildung 7: Zusammenbau der Radmotoren und der H-Brücke

(25.4.24)

Mit den ersten Schritten sollte das Chassis mit den Motoren und der Aufnahme für einzelne Räder zusammen geschraubt werden. Da dies keine besonderen Kenntnisse benötigte, gelang uns dies ziemlich schnell. Des Weiteren mussten wir mittels einer H-Brücke die vier Motoren gleichzeitig einschließen und diese richtig mithilfe eines AOs ansteuern.

Goal	To Do	Doing	Done
Auto bauen	Karosserie Motoren einstellen	Sensor anschließen	Chassis Motoren anschließen H-Brücken Rechts links rechts

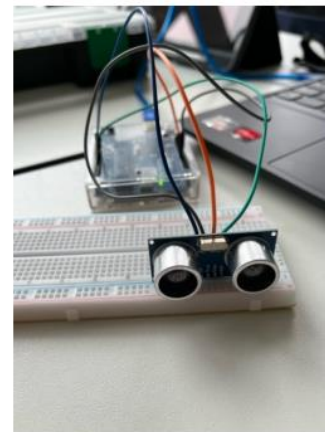


Abbildung 8: Ultraschallsensor

(25.4.24)

Nachdem die Ansteuerung der Motoren ziemlich schnell erfolgreich war, konnte ich mich den Sensoren widmen. Zur Auswahl standen ein Ultraschallsensor und ein Infrarot Sensor. Dabei vergleichen wir beide in bestimmten Punkten. Entscheidend war für uns

Aaror

Klasse 10a

Kepler Gymnasium

schlussendlich die Präzession und die kompakte Bauweise des Infrarot Sensors. Ab sofort beschäftigte ich mich mit der genauen Ansteuerung und Auslösung der Werte des Infrarotsenores.

Goal	ToDo	Doing	Done
Auto bauen	Kassette Motoren einstellen	Sensor anschauen	Chassis Motoren anschließen H-Brechen Links Rechts rechts

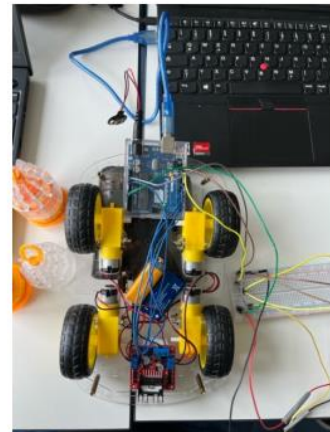


Abbildung 9: Programmieren der Motoren

(25.4.24)

Simon kümmert sich in der Zeit mit der genauen Ansteuerung der vier Motoren. Dabei waren uns Fortbewegungen wie vorwärtsfahren, rückwärtsfahren und rechts und links drehen besonders wichtig. Da wir im vergangenen Jahr viel mit programmieren zu tun hatten, fiel uns dies nicht besonders schwer.

Goal	ToDo	Doing	Done
Auto bauen	Autograde einbauen Kassette Motoren einstellen	Infrarot einbauen LEDs anschauen	Chassis Motoren anschließen H-Brechen Links Rechts rechts Sensor anschauen

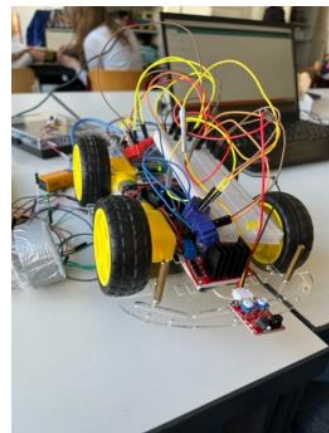


Abbildung 10: Infrarotsensor am Chassi montiert

(14.5.24)

Aaron |

Klasse 10a

Kepler Gymnasium

Nachdem ich einige Tests mit dem Infrarot Sensor gemacht hatte, konnten wir einen in das Chassi einbauen. Auch dieser Sensor wurde mittels eines Arduinos mit Strom beziehungsweise mit Befehlen versorgt. Ziemlich schnell konnten wir dann die ersten Tests machen. Diese erfolgten draußen im Gang des Schulgebäudes.

Goal	To Do	Doing	Done
Aufbau	Leitgeber einbauen	Code Infrarot	Chassis
	Kassette	LEDs einbauen	Motoren anschließen
	Motor einstellen	Kabelmanagement	H-Bridgen
			Links
			Rechts
			Sensor anschließen
			Infrarot einbauen



Abbildung 11: Einbau und Verkabelung der LED's

(16.5.24)

Da die Sensoren in Kombination mit den vier Motoren funktionierten, konnten wir uns den LEDs widmen. Schnell wurden es ziemlich viele Kabel, wodurch wir nur noch schwer einen Überblick hatten. Also mussten wir uns Gedanken machen wie wird das Kabel Management verbesserten. Dabei nutzten wir bestimmte Farben für bestimmte Pins oder auch Ground, um einen besseren Überblick zu erhalten.

Aaron

Klasse 10a

Kepler Gymnasium

Goal	ToDo	Doing	Done
Auto bauen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lausprecher einbauen</li> <li>Konassrie</li> <li>Motor einstellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Code Infrarot</li> <li>LEDs einbauen</li> <li>Kabelmanagement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chassis</li> <li>Motoren anschließen</li> <li>H-Bridgen</li> <li>Radkarte links</li> <li>rechts</li> <li>Sensoren anschließen</li> <li>Infrarot einbauen</li> </ul>



Abbildung 12: Infrarotsensor

(16.5.24)

Parallel fügte Simon den Code für die Infrarotsensoren in den Hauptcode ein. Dabei war es entscheidend, die Werte, die der Sensor an den Arduino weiterleitet, richtig zu verwenden. Beim Ultraschall werden die Werte in Zentimeter angegeben. Beim Infrarot Sensor sind es Zahlen im Zahlenraum bis 1023. Man stellt die Distanz mithilfe kleiner Drehregler am Sensor selbst ein.

Goal	ToDo	Doing	Done
Auto bauen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lausprecher einbauen</li> <li>Konassrie</li> <li>Motor einstellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fernschliff</li> <li>LED einbauen</li> <li>Sensoren anschließen</li> <li>Code für LEDs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chassis</li> <li>Motoren anschließen</li> <li>H-Bridgen</li> <li>Radkarte links</li> <li>rechts</li> <li>Infrarot einbauen</li> <li>Code Infrarot</li> <li>Hibel</li> </ul>

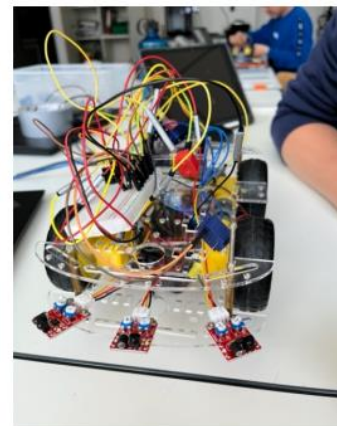


Abbildung 13: drei Infrarotsensoren an der Front des Fahrzeugs

(6.6.24)

Nachdem ein Sensor voll funktionsfähig ist, konnten wir uns den weiteren zwei widmen. Um das Sichtfeld des Fahr Roboters zu erhöhen, verwendeten wir insgesamt drei Stück. Während ich die weiteren zwei Sensoren von der Distanz richtig einstellte, dass ich Simon um den Code. Das Ziel war es dabei, dass das

Aaron

Klasse 10a

Kepler Gymnasium

Fahrzeug genau weiß. In welche Richtung ist es wann drehen soll, sobald ein Hindernis erkannt wird.

Goal	To Do	Doing	Done
Auto bauen	Lautsprecher einbauen Karosserie Motoren einstellen	Feinschliff LEDs <u>einbauen</u>	Chassis Motoren anschließen H-Bridgen Links Rechts rechts Sensoren anschließen Infrarot einbauen Code Infrarot Kabelmanagement

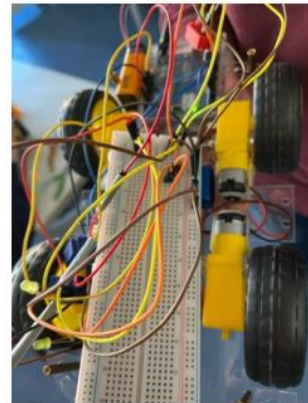


Abbildung 14: Verkabelung der LED's mit Hilfe einer Steckplatine

(6.6.24)

Schlussendlich funktioniert alle drei Sensoren in Kombination mit den vier Motoren. Jetzt folgte nur noch der Feinschliff. Zum Beispiel die einzelnen LEDs an die Kabel anlöten. Aber auch die Sensoren wieder richtig einstellen, da diese sich ziemlich schnell verstellten. Des Weiteren stand die Karosserie und der Lautsprecher noch an.

Aaron

Klasse 10a

Kepler Gymnasium

Goal	To Do	Doing	Done
Auto bauen	Lautsprecher einbauen	Feinschliff	Chassis
	Motoren einstellen	Karosserie (Folieren und Spalten)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Motoren anschließen</li> <li>H-Bridgen</li> <li>links</li> <li>rechts</li> <li>Sensor aussuchen</li> <li>Infrarot einbauen</li> <li>Code Infrarot</li> <li>Kabelmanagement</li> <li>LEDs einbauen</li> <li>Code für LEDs</li> </ul>

(11.6.24)

Da die Elektronik soweit einwandfrei funktioniert, entschieden wir uns mit der Karosserie weiterzumachen. Simon Niete, die Karosserie zu Hause aus Alu. In der nächsten Doppelstunde konnten wir diese folieren. Während Simon die Karosserie vorbereitete, besorgte ich die Camouflage Folien. Schlussendlich konnten wir beides kombinieren. Herausfordernd war dabei, die Folie ohne große Lufteinschlüsse auf das Alu zu bringen. Durch gute Teamarbeit gelang uns dies ziemlich gut.



Abbildung 15: Camouflage Folie zum Bekleben der Karosserie



Aaron

Klasse 10a

Kepler Gymnasium

## 4.3 Arbeitsplan

Datum	Ziel	Teilaufgabe	Hindernisse
18.4.	Chassi zusammenbauen	Motoren verkabeln/ H-Brücke	Mangelnde Qualität des Werkes
23.4.	Motoren	Ansteuern/ Code	
25.4.	Infrarotsensoren einstellen	Einstellung/ Abstand testen	flikrane Arbeit
7.5.	Infrarotsensoren einstellen	maximale Distanz	flikrane Arbeit
14.5.	Ir-Sensoren/ LED	Ir-Sensor mit Arduino/ LED einbauen	
16.5.	Karosserie entwerfen/ 3 Ir-Sensoren	Test mit drei Ir-Sensoren (erfolgreich)	
4.6.	Karosserie anpassen/ Sensoren optimieren	Code (Fahrtrichtung)/ Passform	
6.6.	LED (vorne & hinten)	Verkabelung	manche LEDs waren kaputt
11.6.	Karosserie folieren/ Räder lackieren	Folie zuschneiden	Luftanschlüsse vermeiden
18.6.	Karosserie fertig/ Film testen	LED verbauen/ Beamer verbinden	

## 5 Umsetzung

### 5.1 Schaltkreis des Fahrzeugs

Die Verkablung der einzelnen elektrischen Bauteile ist sehr komplex. Für eine einfachere Darstellung des Schaltkreises werden drei Schaltkreise dargestellt.

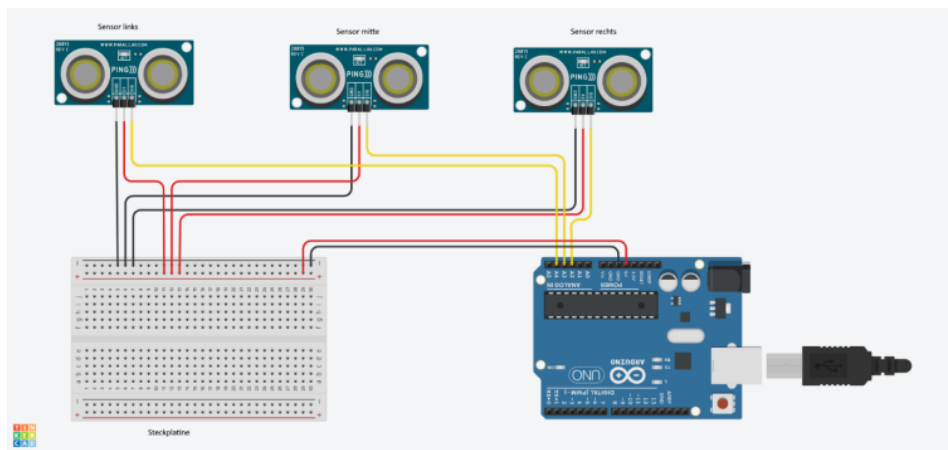


Abbildung 16: Schaltkreis der drei Infrarotsensoren

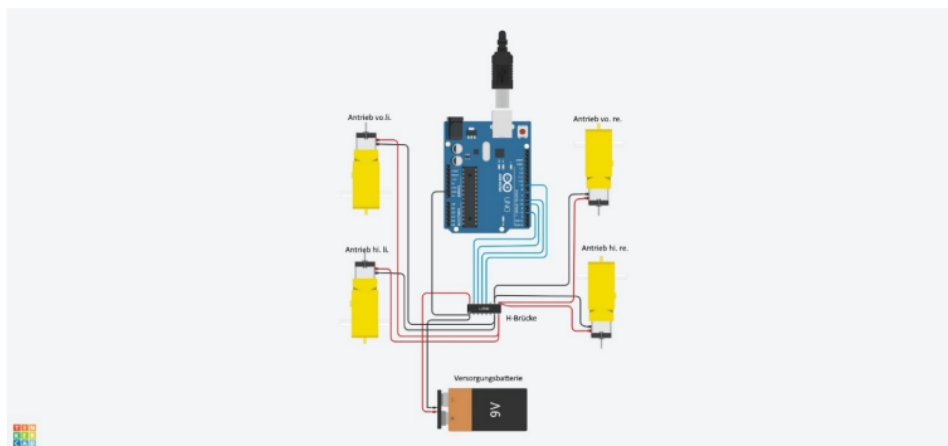


Abbildung 17: Schaltkreis der Antriebsmotoren und der H-Brücke

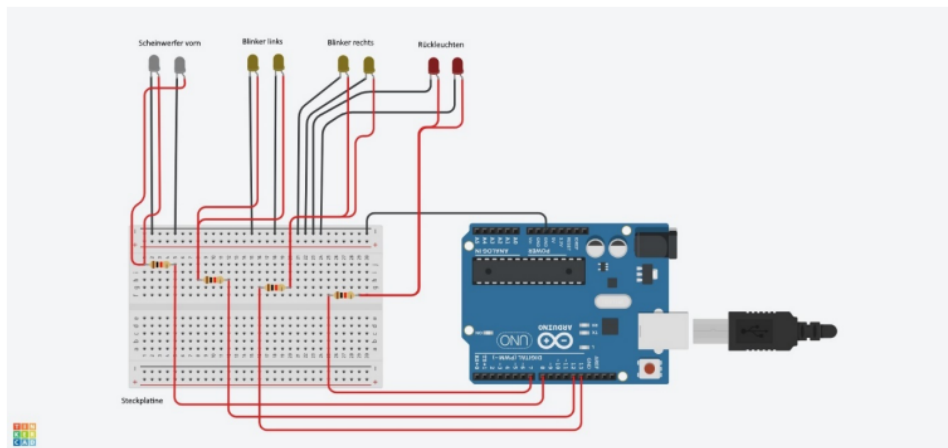


Abbildung 18: Schaltkreis der Beleuchtungs-LED

## 5.2 Programmiercode

```
int SensorMitte=A1; //der Eingang A1 bekommt den Namen SensorMitte
int SensorRechts=A2; //der Eingang A1 bekommt den Namen SensorRechts
int SensorLinks=A3; //der Eingang A1 bekommt den Namen SensorLinks
int WertMitte; //Name WertMitte festgelegt
int WertRechts; //Name WertRechts festgelegt
int WertLinks; //Name WertLinks festgelegt

void setup() {
  pinMode(3,OUTPUT);
  pinMode(9,OUTPUT);
  pinMode(5,OUTPUT);
  pinMode(6,OUTPUT);

  pinMode(7,OUTPUT);
  pinMode(8,OUTPUT);

  pinMode(12,OUTPUT);
  pinMode(13,OUTPUT);
  //Pins werden als OUTPUT definiert
}

void loop() {
  WertMitte=analogRead(SensorMitte);
  WertRechts=analogRead(SensorRechts);
  WertLinks=analogRead(SensorLinks);
  //alle drei Sensoren werden ausgelesen
}
```

Aaron

Klasse 10a

Kepler Gymnasium

```
    if(WertMitte>500){ //wenn der Sensor in der Mitte einen größeren Wert als 500
annimmt, ...

        gerade();//führe das Unterprogramm gerade aus ...
        vorne();//und das Unterprogramm vorne

        WertMitte=analogRead(SensorMitte);
        WertRechts=analogRead(SensorRechts);
        WertLinks=analogRead(SensorLinks);
        //lese wieder alle drei Sensoren aus.
    }

    else{// sonst...
        back();
        hinten();//führe die Unterprogramme back und hinten durch
        delay(100);// warte 0,1s
        rechts();
        blinker_rechts();//und führe die Unterprogramme rechts und blinker_rechts aus
        delay(75);//warte 0,075s

    }

    if(WertRechts>500){ //wenn der Sensor rechts einen größeren Wert als 500 annimmt,
...

        gerade();//führe das Unterprogramm gerade aus ...
        vorne();//und das Unterprogramm vorne

        WertMitte=analogRead(SensorMitte);
        WertRechts=analogRead(SensorRechts);
        WertLinks=analogRead(SensorLinks);
        //lese wieder alle drei Sensoren aus.
    }

    else{// sonst...
        back();
        hinten();//führe die Unterprogramme back und hinten durch
        delay(100);// warte 0,1s
        links();
        blinker_links();//und führe die Unterprogramme links und blinker_links aus
        delay(75); //warte 0,075s
    }

    if(WertLinks>500){//wenn der Sensor links einen größeren Wert als 500 annimmt, ...

        gerade();//führe das Unterprogramm gerade aus ...
        vorne();//und das Unterprogramm vorne

        WertMitte=analogRead(SensorMitte);
        WertRechts=analogRead(SensorRechts);
```

Aaror

Klasse 10a

Kepler Gymnasium

```
WertLinks=analogRead(SensorLinks);
//lese wieder alle drei Sensoren aus.
}

else{// sonst...
  back();
  hinten();//führe die Unterprogramme back und hinten durch
  delay(100);// warte 0,1s
  rechts();
  blinker_rechts();//und führe die Unterprogramme rechts und blinker_rechts aus
  delay(75);//warte 0,075s
}
}
void gerade(){//Unterprogramm für das Geradeausfahren
  digitalWrite(3,HIGH);
  digitalWrite(9,LOW);
  digitalWrite(5,HIGH);
  digitalWrite(6,LOW);
}
void back(){//Unterprogramm für das Rückwärtsfahren
  digitalWrite(3,LOW);
  digitalWrite(9,HIGH);
  digitalWrite(5,LOW);
  digitalWrite(6,HIGH);
}

void rechts(){//Unterprogramm für das Drehen nach rechts
  digitalWrite(3,HIGH);
  digitalWrite(9,LOW);
  digitalWrite(5,LOW);
  analogWrite(6,HIGH);
}

void links(){//Unterprogramm für das Drehen nach links
  digitalWrite(3,LOW);
  analogWrite(9,HIGH);
  digitalWrite(5,HIGH);
  digitalWrite(6,LOW);
}

void vorne(){//Unterprogramm für das für die Frontschinwerfer
  digitalWrite(8,HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(8,LOW);
  //LEDs an Pin 8 für eine Sekunde anschalten
}

void hinten(){//Unterprogramm für die Rücklichter
  digitalWrite(7,HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(7,LOW);
}
```

Aaron

Klasse 10a

Kepler Gymnasium

```
//LEDs an Pin 7 für eine Sekunde anschalten
}

void blinker_rechts(){//Unterprogramm für das Geradeausfahren
  digitalWrite(13,HIGH);
  delay(300);
  digitalWrite(13,LOW);
  delay(300);
  digitalWrite(13,HIGH);
  delay(300);
  digitalWrite(13,LOW);
  delay(300);
  digitalWrite(13,HIGH);
  delay(300);
  digitalWrite(13,LOW);
  delay(300);
  //LED an Pin 13 in einem Abstand von 0,3s aufblinker lassen
}

void blinker_links(){//Unterprogramm für das Geradeausfahren
  digitalWrite(12,HIGH);
  delay(300);
  digitalWrite(12,LOW);
  delay(300);
  digitalWrite(12,HIGH);
  delay(300);
  digitalWrite(12,LOW);
  delay(300);
  digitalWrite(12,HIGH);
  delay(300);
  digitalWrite(12,LOW);
  delay(300);
  //LED an Pin 12 in einem Abstand von 0,3s aufblinker lassen
}
```

## 6 Reflexion

### **Rückblick:**

Meiner Meinung nach hatten wir keine großen Probleme oder Ähnliches. Besonders gut war unsere Aufteilung. Jeder kannte seine Stärken und die des anderen. Dadurch konnten wir die Arbeit an verschiedenen Teilaufgaben effektiver gestalten und dadurch vor allem in der Zeit profitieren. Simon macht zum Beispiel auch privat Handwerkliches, weshalb er die Karosserie ziemlich gut nieten konnte. Einer meiner Hobbys ist der Modellbau, weshalb mir das Kabelmanagement und die einzelne Verkabelung nicht besonders schwer gefallen sind. Des Weiteren konnten wir uns gut in unserer Gruppenarbeit ergänzen, da jeder ein gewisses Grundwissen in verschiedenen Teilaufgaben hatte. Außerdem war die Planung zeitlich gesehen auch gut. Erwähnenswert ist außerdem, dass wir auch ein wenig Glück hatten. Die meisten unserer Bauteile funktionierten einwandfrei und wir wurden so nicht unnötig von der eigentlichen Arbeit abgehalten.

Alles in allem würde ich daher sagen, dass unsere Gruppenarbeit sehr gelungen war. Wir konnten uns gut ergänzen und arbeiteten gut zusammen.


Allerdings würde ich im Nachhinein die Sensoren besser schützen, da die verschiedenen Einstellungen der Infrarotsensoren sich ziemlich schnell verstellen. Dadurch war ein wenig zeitaufwändig, die Sensoren jedes Mal neu einzustellen.

### **Wenn wir mehr Zeit hätten...**

Eines der größeren Ziele wäre noch ein Lautsprecher einzubauen. Wie plant ein tieferes „Rattern“ des Motors nachzustellen. Des Weiteren wollten wir unser gepanzertes Fahrzeug möglichst realistisch darstellen, weshalb der Unterboden mindestens spritzwassergeschützt sein sollte. Außerdem war die filigrane Arbeit an den Sensoren meist sehr zeitaufwendig, weshalb wir eine Art Schale für die drei Sensoren designen wollten. Dies hatte den Hintergrund, dass die Motoren und so auch die Einstellungseinheit in gewissermaßen geschützt wäre. Dadurch könnte man unabsichtliches Verstellen der Sensoren vermeiden, wodurch man viel Zeit einsparen könnte.


















## Anhang 2: Benötigte Bauteile – ein Beispiel

Wichtig: Klassensatz der Einsteiger Kits Arduino beinhaltet bereits viele Komponenten und auch eine Chassis-Art:


















	<b>Funduino Klassensatz - Einsteiger Kits für Arduino...</b> Artikel-Nr.: F23105659 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	710,91 €* 710,91 €* <input type="checkbox"/>
---	--	----------	---

## Benötigte Bauteile pro Gruppe mit vielen „Spielereien“ bzw. Schülerwünschen

**Ausnahmen:** Sensor-Kits wurden von uns als Präsenz- und Testexemplare bestellt und nicht verbaut

Artikel	Anzahl	Stückpreis	Summe
 15 in 1 - Sensor Kit, Sensor Starter Set für Mikrocontroller Artikel-Nr.: F23107399 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	18,36 €* 18,36 €* <input type="checkbox"/>	18,36 €* 18,36 €* <input type="checkbox"/>
 ARDUINO lernen - Arbeitsbuch zum Erlernen der Arduino... Artikel-Nr.: FUN-1010434 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	8,72 €* 8,72 €* <input type="checkbox"/>	8,72 €* 8,72 €* <input type="checkbox"/>
 Präzisionsschraubendreher / Feinmechaniker Set 31 in 1 Artikel-Nr.: F23107188 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	3,37 €* 3,37 €* <input type="checkbox"/>	3,37 €* 3,37 €* <input type="checkbox"/>
 Chassis Komplettsatz für Arduino mit Microcontroller Artikel-Nr.: F23105900 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	30,83 €* 30,83 €* <input type="checkbox"/>	30,83 €* 30,83 €* <input type="checkbox"/>
 Infrarotfernbedienungs Set Artikel-Nr.: F23106697 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	2,04 €* 2,04 €* <input type="checkbox"/>	2,04 €* 2,04 €* <input type="checkbox"/>
 16x02 I2C LCD Modul mit HD44780 Artikel-Nr.: FUN-1010568 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	3,78 €* 3,78 €* <input type="checkbox"/>	3,78 €* 3,78 €* <input type="checkbox"/>
 7-Segment Display mit vier Ziffern Artikel-Nr.: F23106605 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	1,33 €* 1,33 €* <input type="checkbox"/>	1,33 €* 1,33 €* <input type="checkbox"/>
 Hinderniserkennungssensor, Abstandssensor - mit XH2.54 3P... Artikel-Nr.: F23109075 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 3	4,77 €* 14,31 €* <input type="checkbox"/>	14,31 €* 14,31 €* <input type="checkbox"/>
 Ultraschallsensor, Entfernungssensor - HC-SR04 Artikel-Nr.: FUN-1010564 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 2	2,18 €* 4,36 €* <input type="checkbox"/>	4,36 €* 4,36 €* <input type="checkbox"/>
 Funduino Sensor Kit - 35-teilig Artikel-Nr.: F23110066 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	19,90 €* 19,90 €* <input type="checkbox"/>	19,90 €* 19,90 €* <input type="checkbox"/>
 Piezo Speaker 5V / Lautsprecher, kompatibel mit Arduino Artikel-Nr.: F23108736 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	0,90 €* 0,90 €* <input type="checkbox"/>	0,90 €* 0,90 €* <input type="checkbox"/>
 Passiver Lautsprecher (passive buzzer) - 5V für Arduino Artikel-Nr.: F23106769 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	0,90 €* 0,90 €* <input type="checkbox"/>	0,90 €* 0,90 €* <input type="checkbox"/>
 L298N H-Brücke für zwei Motoren / Motortreiber Artikel-Nr.: F23107161 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	3,22 €* 3,22 €* <input type="checkbox"/>	3,22 €* 3,22 €* <input type="checkbox"/>
 9V-Batterieklemme, I-Form (seitlich) - ca.15cm Kabellänge Artikel-Nr.: F23110259 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 2	0,73 €* 1,46 €* <input type="checkbox"/>	1,46 €* 1,46 €* <input type="checkbox"/>
 Chassis für Arduino / Roboter / Fahrgestell mit zwei Achsen Artikel-Nr.: F23107455 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	10,60 €* 10,60 €* <input type="checkbox"/>	10,60 €* 10,60 €* <input type="checkbox"/>
 Funduino Düvelbot mit Gehäuse Artikel-Nr.: F23105588 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	34,90 €* 34,90 €* <input type="checkbox"/>	34,90 €* 34,90 €* <input type="checkbox"/>
 Infrarot Hindernisvermeidungssensor 3-80 cm E18-D80NK mit... Artikel-Nr.: F23105631 ⚡ Lieferzeit: ca. 1-3 Tage	+ - 1	3,63 €* 3,63 €* <input type="checkbox"/>	3,63 €* 3,63 €* <input type="checkbox"/>



	<b>40 Stück Breadboardkabel männlich/männlich (20cm)</b> Artikel-Nr.: FUN-1010558 <small>Lieferzeit: ca. 1-3 Tage</small>	+ - 1	1,65 €* 1,65 €* 
	<b>40 Stück Breadboardkabel weiblich/weiblich (20cm)</b> Artikel-Nr.: FUN-1010559 <small>Lieferzeit: ca. 1-3 Tage</small>	+ - 1	1,59 €* 1,59 €* 
	<b>40 Stück Breadboardkabel männlich/weiblich (20cm)</b> Artikel-Nr.: FUN-1010554 <small>Lieferzeit: ca. 1-3 Tage</small>	+ - 1	1,65 €* 1,65 €* 
	<b>Mini MP3 Player, MP3-TF-16P V3.0 für Mikrocontroller</b> Artikel-Nr.: FUN-1010563 <small>Lieferzeit: ca. 1-3 Tage</small>	+ - 1	0,49 € 3,05 € 
	<b>SanDisk Ultra® microSD UHS-I Karte &amp; Adapter - 32GB/...</b> Artikel-Nr.: F23110306 <small>Lieferzeit: ca. 1-3 Tage</small>	+ - 1	1,13 € 7,10 € 
	<b>Miniatur Breadboard mit 170 Steckplätzen - div. Farben Gelb</b> Artikel-Nr.: F23106630 <small>Lieferzeit: ca. 1-3 Tage</small>	+ - 6	1,03 € 6,42 € 
	<b>Miniatur Breadboard mit 25 Steckplätzen - div. Farben Gelb</b> Artikel-Nr.: F23106614 <small>Lieferzeit: ca. 1-3 Tage</small>	+ - 6	0,88 € 5,52 € 
	<b>Breadboard (Steckbrett) mit 830 Kontakten</b> Artikel-Nr.: FUN-1010553 <small>Lieferzeit: ca. 1-3 Tage</small>	+ - 1	0,35 € 2,18 € 
<input type="text" value="Gutschein-Code eingeben"/> 		Summe: 189,42 €* Versandkosten: 4,90 €* <b>Gesamtsumme: 194,32 €</b> inkl. 7 % MwSt.: 0,57 € inkl. 19 % MwSt.: 29,61 €	